

III-A 110

礫質土の原位置静止土圧係数の一簡易推定法

竹中技術研究所 正会員 ○畑中宗憲 内田明彦

1. はじめに

静止土圧係数  $K_0$  は、地盤の挙動解析における初期応力の設定や強度特性を考える上で重要なパラメータになっている。著者らは、砂質土の原位置凍結サンプリング試料の微小ひずみでの初期せん断剛性 ( $G_0$ ) と原位置での弾性波試験から求めた  $G_0$  を等価とする考えから、原地盤の  $K_0$  値を推定する方法(以下「 $G_0$ 等価法」と呼ぶ)を提案した<sup>2)</sup>。本論文は、①4種類の礫質土に「 $G_0$ 等価法」を適用した測定結果および②この方法で得られた  $K_0$  値に基づく簡便な礫地盤の  $K_0$  値の推定法の検討結果について述べたものである。礫試料は原位置地盤凍結法により採取した。原位置地盤凍結法の詳細は文献<sup>1)</sup>を参照されたい。

2. 「 $G_0$ 等価法」の基本的な考え方

広く知られているように、土の微小ひずみ(通常  $10^{-5}$  より小さい)でのせん断剛性を測定する方法として、原位置での弾性波試験から求める方法 ( $G_{0F}$ ) と、室内試験により直接求める方法 ( $G_{0L}$ ) の2つがある。

$$K_0 = \left[ \frac{3}{\sigma_v'} \left( \frac{G_{0F}}{a} \right)^{\frac{1}{n}} - 1 \right] \frac{1}{2} \quad (1) \quad \begin{array}{l} \sigma_v' : \text{原位置での有効上載圧} \\ a, n : \text{定数} \end{array}$$

原位置にある土は、元来、測定法に関係なく固有の  $G_0$  を持っているはずなので、上記の独立した2つの方法により測定された  $G_0$  の値は等しくなるという考えから、著者らは(1)式に基づき原位置での静止土圧係数、 $K_0$  を求める方法を提案した<sup>2)</sup>。

3. 室内試験での  $G_0$  の測定方法および測定結果

室内試験での  $G_0$  の測定は、できるだけ原位置と同じ方法という立場から文献<sup>3)</sup>に示す検討結果を踏まえて、三軸試験装置を用いて加速度計によりS波速度を測定する方法で行った。加速度計は圧電型で防水加工されたものを供試体の側面に15cm間隔で2つ(KF試料は3つ)取り付けた。表1には実験に用いた5種の礫試料の供試体寸法と物理特性および原位置で測定したS波速度を示した。凍結試料は19.6kPaの等方圧のもとで融解させ、 $CO_2$ および脱気水により飽和させた。 $G_0$ は1つの供試体を用いて、小さな拘束圧から3~5種の拘束圧について順次測定した。S波は載荷ロッドに取り付けてある治具をハンマーで水平方向に打撃して発生させた。なお、S波の判定は治具を相反する方向から打撃して観測波の反転で確認している。図1は観測されたS波波形の例を示したものである。図中の実線と点線は治具を表側と裏側からたたいた波形を示しており、両者は反転している。S波速度は初動の波の山と山の到達時間差により算定した。

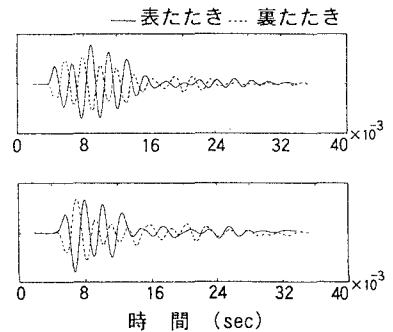


図1 室内要素試験で観測されたS波波形(HTU礫)

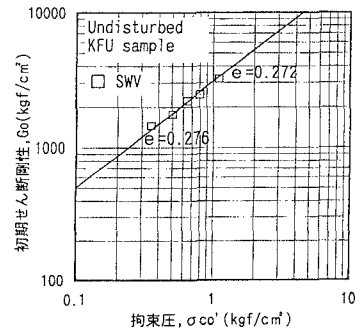


図2 拘束圧と初期せん断剛性との関係(KFU礫)

図2は、KFU試料について求めた  $G_0$  と拘束圧  $\sigma_c'$  の関係を両対数のグラフに示したものであり、 $G_0$  と  $\sigma_c'$  は良い直線関係が見られる。その結果を用いて、「 $G_0$ 等価法」により求めた各礫地盤の原位置での  $K_0$  値は表1に範囲として示している。なお、拘束圧の増大により、供試体の間隙比はわずかに小さくなるが、図中に示すようにその変化は小さいので、ここではその影響を無視している。

4. 礫地盤の原位置  $K_0$  値を推定する簡便法の検討

図3は、原位置で測定されたS波速度と「 $G_0$ 等価法」により求めた  $K_0$  値の関係について見たものである。詳細は今後の検討を待たねばならないが、主として供試体の物理特性(密度、粒度など)や年代効果の違いによ

って、同じVs値に対してKo値はある幅を持っている。しかし、全体としては、Vsの増大と共にKo値が増大する傾向が明瞭に見られることは興味深い。一方、(1)式におけるべき数”n”は表1に示すように0.5～1.0の範囲にあり、礫質土についての既往の研究成果とほぼ対応している。

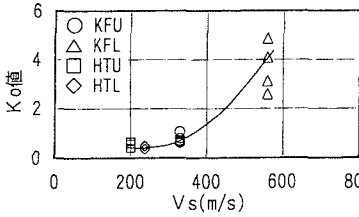


図3 KoとVsの関係

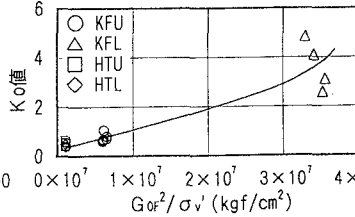


図4 KoとGof/sigma'v'の関係

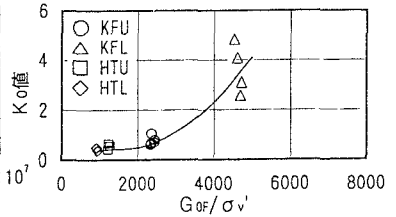


図5 KoとGof/sigma'v'の関係

$$K_o = \left[ \frac{G_{of}^2}{\sigma_v'} \cdot \frac{3}{a^2} - 1 \right] \frac{1}{2} \quad (2)$$

$$K_o = \left[ \frac{G_{of}}{\sigma_v'} \cdot \frac{3}{a} - 1 \right] \frac{1}{2} \quad (3)$$

ここで、べき数”n”をその境界値0.5あるいは1.0と仮定すると、(1)式はそれぞれ(2)式あるいは(3)式になる。つまり、供試体の密度の関数である”a”による影響を無視すると、静止土圧係数Ko値は(Gof/sigma'v')あるいは(Gof/sigma'v')と一義的な関係にあることが予想される。

図4と図5はこの様な考えのもとで、「Go等価法」により求めたKo値と(Gof/sigma'v')およびKo値と(Gof/sigma'v')の関係について見たものである。Vsが560m/sのKFL礫の場合に、ばらつきが大きいものの、いずれの図においても両者には比較的よい相関が見られる。このことは、室内試験を行うことなく、礫地盤の単位体積重量、深さとS波速度が求められれば、原位置でのKo値が概略的に推定できる可能性があることを示している。データ数は少ないが、図3～5に示すKo値と各種物理量との間の相関は、礫地盤の原位置でのKo値を推定する方法がほとんどない現状では、簡便で有効な方法の存在を示唆していると言える。

### 5. 結論

著者らが提案した「Go等価法」を、2つのサイトより原位置地盤凍結法で採取した高品質不攪乱礫試料について適用し、Ko値を求めた。さらに、Ko値と地盤の基本物性との関係について考察し、以下の結論を得た。

- ①「Go等価法」により求めたKo値と礫地盤の原位置でのS波速度(Vs)の間にはよい相関が見られ、Vsが大きくなるに従って、Ko値も増大する傾向が見られる。
- ②供試体の単位体積重量や拘束圧の影響を考慮したパラメーター(Gof/sigma'v')あるいは(Gof/sigma'v')とKo値の間には、よい相関が認められた。このことはKo値のデータがほとんどない礫地盤について、Ko値を概略的に推定できる可能性があることを示唆している。

表1 試料の物理特性および測定結果

試料名	試料径/高さ (cm)	ρs (g/cm <sup>3</sup> )	D <sub>50</sub> (mm)	D <sub>max</sub> (mm)	F <sub>c</sub> (%)	e	n in Eq(1)	Ko	Vs (m/s)
KFU	30/60	2.68-2.71	27.9-43.6	106-125	0.3-0.5	0.19-0.28	0.53-0.92	0.58-1.05	330
KFL	30/60	2.68-2.72	12.1-14.1	106-125	0.3-0.5	0.24-0.26	0.50-0.60	2.57-4.86	560
HTU	10/20	2.69-2.71	3.3-3.7	37.5	0.1-0.3	0.40-0.49	0.72-0.97	0.40-0.66	200
HTL	10/20	2.67-2.71	1.8-5.8	26.5-37.5	0.1-1.2	0.42-0.50	0.81-0.93	0.35-0.47	238

謝辞：室内試験によるGoの測定については、(株)東京ソイルリサーチの照井信之氏及び川端和行氏のご協力を得たものであり、感謝いたします。

【参考文献】1) Hatanaka, M., Suzuki, Y., Kawasaki, T. and Endo, M. (1988): "Cyclic undrained shear properties of high quality undisturbed Tokyo gravel," Soils and Foundations, Vol.28, No.4, pp. 57-68. 2) Hatanaka, M. and Uchida, A. (1995): "A simple method for the determination of Ko-value in sandy soils," Proc. of First International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering, Tokyo, Vol.1, pp.309-314. 3) 畑中宗憲・内田明彦・竹原直人・照井信之(1996):「粗粒材料の初期せん断剛性測定法の比較(その2)」, 第51回土木学会年次学術講演概要集(投稿中).